

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-53169

(43)公開日 平成9年(1997)2月25日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 3 C	8/22		C 2 3 C	8/22
C 2 1 D	6/00		C 2 1 D	6/00
	9/40			9/40
F 1 6 D	3/224		F 1 6 D	3/20

審査請求 未請求 請求項の数6 FD (全15頁)

(21)出願番号 特願平7-227382	(71)出願人 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
(22)出願日 平成7年(1995)8月11日	(71)出願人 エヌティエヌ株式会社 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号
	(72)発明者 相原 賢治 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
	(72)発明者 藤岡 靖英 和歌山県和歌山市湊1850番地 住友金属工 業株式会社和歌山製鉄所内
	(74)代理人 弁理士 今井 肇 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 駆動軸継手用浸炭焼入部品及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 高い耐摩耗性、転動疲労特性を有すると共に強度、韌性にも優れたC V J 浸炭焼入部品を安定かつ低成本で提供する。

【構成】 C V J 用浸炭焼入部品を、基体の化学組成がC:0.1~0.25%, Si:0.2~0.4%, Mn:0.3~0.9%, P:0.02%以下, S:0.001~0.15%, Cr:0.5~0.9%, Mo:0.15~1%, Al:0.01~0.1%, B:0.0005~0.009%, N:0.006%未満を含むか、あるいは更にNi:0.3~4.0%, Ti:0.01~0.3%, Nb:0.01~0.3%, V:0.01~0.3%, Zr:0.01~0.3%の1種以上をも含むと共に残部が実質的にFeであり：かつ表面硬度:Hv650~800, 芯部硬度:Hv250~450, 硬化深さ:0.2~1.2mmなる断面硬度分布を有してなる如くに構成する。また、該化学組成の肌焼鋼部材を 浸炭温度:880~930°C, 浸炭時間:1~3時間, 焼入温度:800~870°Cなる条件で浸炭焼入し、上記C V J 用浸炭焼入部品を製造する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基体の化学組成が、重量割合にてC : 0.1~0.25%, Si : 0.2~0.4%, Mn : 0.3~0.9%, P : 0.02%以下, S : 0.001~0.15%, Cr : 0.5~0.9%, Mo : 0.15~1%, Al : 0.01~0.1%, B : 0.0005~0.009%, N : 0.006%未満を含むと共に残部が実質的にFeであり、かつ、表面硬度 : Hv 650~800, 芯部硬度 : Hv 250~450, 表層部硬化深さ : 0.2~1.2mm なる断面硬度分布を有して成ることを特徴とする、駆動軸等速継手用高強度浸炭焼入部品。

【請求項2】 基体が、重量割合にて更にNi : 0.3~4.0%をも含む化学組成を有して成ることを特徴とする、請求項1に記載の駆動軸等速継手用高強度浸炭焼入部品。

【請求項3】 基体が、重量割合にて更にTi : 0.01~0.3%, Nb : 0.01~0.3%, V : 0.01~0.3%, Zr : 0.01~0.3%の1種又は2種以上をも含む化学組成を有して成ることを特徴とする、請求項1又は2に記載の駆動軸等速継手用高強度浸炭焼入部品。

【請求項4】 重量割合にてC : 0.1~0.25%, Si : 0.2~0.4%, Mn : 0.3~0.9%, P : 0.02%以下, S : 0.001~0.15%, Cr : 0.5~0.9%, Mo : 0.15~1%, Al : 0.01~0.1%, B : 0.0005~0.009%, N : 0.006%未満を含み、残部が実質的にFeから成る化学組成の肌焼鋼部材を、浸炭温度 : 880~930°C, 浸炭時間 : 1~3時間, 焼入温度 : 800~870°C なる条件で浸炭焼入し、表面硬度 : Hv 650~800, 芯部硬度 : Hv 250~450, 表層部硬化深さ : 0.2~1.2mm なる断面硬度分布とすることを特徴とする、駆動軸等速継手用高強度浸炭焼入部品の製造方法。

【請求項5】 肌焼鋼部材として、重量割合で更にNi : 0.3~4.0%をも含む化学組成を有して成るもの用いることを特徴とする、請求項4に記載の駆動軸等速継手用高強度浸炭焼入部品の製造方法。

【請求項6】 肌焼鋼部材として、重量割合で更にTi : 0.01~0.3%, Nb : 0.01~0.3%, V : 0.01~0.3%, Zr : 0.01~0.3%の1種又は2種以上をも含む化学組成を有して成るもの用いることを特徴とする、請求項4又は5に記載の駆動軸等速継手用高強度浸炭焼入部品の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、捻り破壊強度を始めとした強度特性や転動疲労特性等に優れる駆動軸等速継手

(以下“CVJ”と記す)用浸炭焼入部品(例えばCVJ用ボールケージ)及びその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来技術とその課題】 例えは自動車等の駆動車軸から被駆動車軸に動力を伝達するために使用される回転力伝達用軸継手は“等速継手”と“不等速継手”とに大別されるが、前者の代表例としてバーフィールド型継手がある。これは、図1に示すように、駆動軸1に固設されたアウターレース(外輪)2と被駆動軸3に固設されたインナーレース(内輪)4との間に複数個(例えは6個)のボール5を介挿し、これらのボールをボールケージ6にて保持した構造のものである。このボールケージ6とインナーレース4は機構上非常に大きな回転力を伝達しようとするものであるため、高い強度と韌性が必要である上、ボール5との接触面においては優れた耐摩耗性、耐転動疲労性が要求される。

【0003】 従って、このようなCVJ部品には浸炭焼入によって高い表面硬度と転動疲労性が付与される“肌焼鋼”が適用されており、従来はJISのSCr415, SCM415, SNC415, SNCM415等のCr系, Cr-Mo系, Ni-Cr系, Ni-Cr-Mo系の機械構造用合金鋼を肌焼鋼とし、これを所要の部品形状に加工した後浸炭焼入の処理を施して使用に供していた。

【0004】 しかし、近年、自動車等の性能向上に伴いCVJにも一段と高い強度が要求されるようになってきたこともあって、JISに規格されている上記各鋼ではCVJ部品に望まれる強度特性を十分に満足することができなくなっている。

【0005】 また、一方で、製品の価格競争も激化の一途をたどっており、CVJ部品の低コスト化が強く求められてもいた。勿論、CVJ部品の低コスト化にはこれまで多大な努力が払われてきたが、更なるコスト削減のためには“浸炭焼入による製造コスト”的低減が是非とも必要であると認識されている。そして、この浸炭焼入コストの低下のためには浸炭時間の短縮が最も効果的であるので、浸炭温度を従来よりも高くすることによって浸炭時間を短縮しようと研究が重ねられてきた。しかしながら、浸炭温度を高くすると浸炭後の焼入処理で生じる歪が大きくなるという問題が生じ、そのため高精度の寸法管理が必要なCVJ部品では、浸炭温度を高くすることは避けねばならない方策とされている。しかも、浸炭温度を高くすると、浸炭処理時にオーステナイトの結晶粒が異常成長して“粗大な結晶粒が散在した粗大粒混粒組織”となるため浸炭部品の韌性が劣化し、衝撃破壊強度を始めとした強度の低下を招くという問題もあった。

【0006】 なお、素材面から浸炭焼入部材に対する要求に応えるべく、これまでも肌焼鋼として“B添加を行うと共にCr, Mo, Niといった合金成分の組み合わせに工

夫を加えた改良鋼”等が幾つか提案されているが（例えば特開平2-170944号公報、特開平5-117806号公報等を参照）、それでもC V J部品用として十分に満足できるものはなかった。

【0007】即ち、一般に浸炭部に高い強度及び耐摩耗性を確保しようとすると概して韌性が犠牲にされがちとなり、そのため衝撃荷重に対する抵抗が乏しくなって低い荷重で破壊するようになる。特に、表面に応力集中部が存在するような部品の場合には浸炭焼入後の強度低下は著しい。上述のB添加鋼（特開平5-117806号公報等に記載されている鋼）は、この欠点を改善すると共に加工性の改善を図ったものであり、特にBの添加による改善効果は顕著であったが、このB添加鋼によってC V J部品を製造した場合でもしばしば期待する程の衝撃荷重強度、耐摩耗性、転動疲労性を確保できず、また浸炭時間の短縮に関する問題を十分に解決することもできなかつた。

【0008】このようなことから、本発明の目的は、高い耐摩耗性、転動疲労特性を有すると共に衝撃荷重強度を始めとした強度、韌性に優れたC V J 浸炭焼入部品を安定かつ低コストで提供することに置かれた。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記目的を達成すべく、特に

- 一般に浸炭部品は浸炭後の焼戻温度が180～200°C程度であり、このため焼入性が過度であると芯部の韌性が損なわれ、焼入性が不足すると強度が損なわれることから、規定成分範囲内で適当な焼入性を持つように成分設計をする必要がある、
- 浸炭に伴って粒界の脆化を引き起こす元素は出来るだけ低減すると共に粒界強度を向上せる元素の積極添加を指向することで、衝撃荷重強度の低下を引き起こす粒界破壊の発生を極力抑制するように図ることが必要である、
- C V J部品での浸炭コストの低下のためには浸炭時間の短縮が最も効果的であるが、浸炭温度を高くすることにより浸炭時間を短縮する方法では浸炭焼入処理で生じる歪が大きくなっているC V J部品に極めて重要な製品の寸法精度を損なうばかりか、衝撃荷重強度の低下を引き起こす混粒組織を生成させるので、浸炭温度を上げることなく浸炭時間を短縮できるように成分設計をする必要がある、
- C V J部品では製品の寸法精度が極めて重要であるため、浸炭焼入処理時の熱処理歪発生を極力少なくすべく焼入油の種類や温度を変えて焼入歪が生じないように焼入冷却を緩やかにした場合でも衝撃荷重強度、耐摩耗性及び転動疲労特性の劣化をもたらす不完全焼入組織を浸炭層に生じさせないように、その成分設計をする必要がある、

との基本思想の下に数多くの実験を繰り返しながら鋭意

研究を行った結果、次に示すような知見を得ることができた。

【0010】従来、浸炭焼入処理鋼材に十分な衝撃荷重強度、耐摩耗性、転動疲労性等を安定して確保しにくい原因は「浸炭時に起る粒界酸化によって浸炭異常層が発生し、そのため粒界近傍で鋼の焼入性低下が生じることとなって、これが不完全焼入組織の生成につながること」にあるとされてきた。しかし、本発明者等は、上記“浸炭時の粒界酸化”による悪影響よりも“浸炭材を焼入する時に生成するオーステナイト粒界上の炭化物析出”が一層大きな悪影響を及ぼしており、この現象が浸炭・焼入処理において部品の表層部に不完全焼入組織を生成する原因となっていることを突き止めた。また、この“浸炭材の焼入処理時に起る粒界への炭化物析出”は所定量のBの添加で防止できることを見出した。

【0011】なお、従来提案されたB添加肌焼鋼には、浸炭時の粒界酸化を防止する目的で合金元素を減少させると共に、この合金元素の減少に伴う焼入性の低下をB添加で補う成分設計思想を探っているものもあるが、Bの焼入性向上作用は鋼中のC含有量が高くなると低下傾向を見せる。そのため、Bによって焼入性を補うという思想を基にして成るこのようなB添加肌焼鋼は、浸炭によって表層部のC量を高めるとその表層部ではBの焼入性向上作用が消失してしまい、従って浸炭した表層部に不完全焼入組織が生成しやすくなってしまう、やはり衝撃荷重強度、耐摩耗性、転動疲労性の点で十分な満足を得ることはできなかつた。しかも、前述した「浸炭・焼入歪低減のための処置」によりこの傾向は次第に顕著化すると考えられた。

【0012】これに対して、“浸炭材の焼入処理時に起る粒界への炭化物の析出”を防止し、これによって浸炭・焼入した表層部に不完全焼入組織が生成するのを抑えようとの考え方の下にBを添加した肌焼鋼では、特に「浸炭によりC量を高めした部位における“Bの焼入性向上作用”的消失」という問題を懸念する必要がなく、浸炭部のC量にそれほど左右されることなく安定して衝撃荷重強度、耐摩耗性、転動疲労性の向上効果を確保することが可能である。

【0013】しかしながら、B添加による“浸炭材の焼入処理時に起る粒界への炭化物析出を防止する効果”的確保には、鋼中のN含有量を特定の領域にまで低減することが必須である。即ち、本発明者等は、鋼中に0.07重量%程度（通常鋼の下限値程度）のNが含有されている場合でもB添加による“浸炭材の焼入処理時に起る粒界への炭化物析出を防止する効果”を安定して確保することは難しいが、鋼中のN含有量が特に0.006重量%未満の領域にまで低減されるとB添加による前記効果が顕著化し、衝撃荷重強度特性等の諸強度や韌性が十分に改善されるようになることをも明らかにすることことができた。

【0014】また、鋼中のN含有量が0.006重量%未満になると転動疲労特性が著しく向上することも判明した。即ち、転動疲労特性については、従来、B添加鋼では必ずTiが同時に添加されているため鋼中に生成するTi-Nが転動疲労特性を劣化させていると考えられていたが、Ti無添加の鋼においても鋼中のNが転動疲労特性に悪影響を及ぼすことが確認され、しかも、この悪影響はN含有量を0.006重量%未満の範囲に抑えることによって実質的に無くし得ることが明らかとなったのである。

【0015】そこで、肌焼鋼の構成成分としてC, Si, Mn, Cr, Mo, Al, Sを組み合わせると共に、その含有量優割合を調整し、かつそのN含有量を0.006重量%未満に制限した上で適量のBを添加すると、低温短時間の浸炭や、その後の焼入処理で緩冷却を施した場合でも、優れた衝撃荷重強度、耐摩耗性、転動疲労性を備えた高強度鋼材が安定して得られるようになることも分かった。

【0016】しかも、上述のように化学組成を調整した浸炭焼入鋼材において、その断面の硬度プロファイル(硬度分布)が特に

表面硬度：Hv 650～800,

芯部硬度：Hv 250～450,

表層部硬化深さ：0.2～1.2mm

なる条件を満たした場合には、近年のCVJ用浸炭焼入部品に求められていた前述の特性を十分に満たすようになることも確認された。

【0017】本発明は、上記数々の知見事項等に基づいて完成されたものであり、「CVJ用浸炭焼入部品を基体の化学組成がC：0.1～0.25%（以降 成分割合を表す%は重量%とする）、Si：0.2～0.4%，Mn：0.3～0.9%，P：0.02%以下，S：0.001～0.15%，Cr：0.5～0.9%，Mo：0.15～1%，Al：0.01～0.1%，B：0.0005～0.009%，N：0.006%未満を含むかあるいは更にNi：0.3～4.0%，Ti：0.01～0.3%，Nb：0.01～0.3%，V：0.01～0.3%，Zr：0.01～0.3%の1種又は2種以上をも含むと共に残部が実質的にFeであり、かつ

表面硬度：Hv 650～800,

芯部硬度：Hv 250～450,

硬化深さ：0.2～1.2mm

なる断面硬度分布を有してなる如くに構成することによって、優れた耐摩耗性、転動疲労特性並びに寸法精度を確保し得るようにし、しかも低コスト化を実現した点」に大きな特徴を有し、更には「C：0.1～0.25%，Si：0.2～0.4%，Mn：0.3～0.9%，P：0.02%以下，S：0.001～0.15%，Cr：0.5～0.9%，Mo：0.15～1%，Al：0.01～0.1%，B：0.0005～0.009%，N：0.006%未満を含むかあるいは更にNi：0.3～4.0%，Ti：0.01～0.3%，Nb：0.01～0.3%，V：0.01～0.3%の1種又は2種以上をも含むと共に残部が実質的にFeであり、かつ

にFeからなる化学組成の肌焼鋼部材を

浸炭温度：880～930℃,

浸炭時間：1～3時間,

焼入温度：800～870℃

なる条件で浸炭焼入し

表面硬度：Hv 650～800,

芯部硬度：Hv 250～450,

硬化深さ：0.2～1.2mm

なる断面硬度分布とすることにより、優れた耐摩耗性、転動疲労特性を有したCVJ用浸炭焼入部品を寸法精度良く、しかも低コストで安定製造できるようにした点」をも特徴とするものである。

【0018】

【作用】以下、本発明において部材の化学組成や製造条件等を前記の如くに限定した理由を説明する。

(A) 化学組成

a) C

Cは鋼の硬度・強度を確保する基本的成分である。そして、浸炭・焼入部品としての使用中に変形しないだけの強度を鋼に確保するにはHv 250以上硬度を必要とするが、この必要硬度の確保にはC含有量を0.1%以上とする必要がある。一方、0.25%を超えてCを含有させると鋼の芯部韌性が劣化する。従って、C含有量は0.1～0.25%と定めた。

【0019】b) Si

従来、肌焼鋼においては、Siは浸炭時の粒界酸化による粒界脆化に寄与する元素であるとして添加量を抑制することが多かった。しかし、本発明品では、浸炭層の焼入性を確保して高い耐衝撃破壊強度を達成するためにSiの焼入性向上作用を積極的に利用する。そして、Si含有量が0.2%未満であると所望する浸炭層の焼入性を確保できず、一方、0.4%を超えてSiを含有させると“浸炭時の粒界近傍でのSiの酸化による脆弱化”が顕著化することから、Si含有量は0.2～0.4%と定めた。

【0020】c) Mn

Mnも、Siと同様、浸炭時の粒界酸化による粒界脆化を抑制するために添加量を抑制する場合が多いが、Mnを低減すると浸炭層の焼入性低下作用が大きくなってしまって本発明が狙いとする高い耐衝撃破壊強度の確保が困難となることが判明した。即ち、本発明品ではMn含有量が0.3%未満では所望する浸炭層の焼入性を確保することができない。なお、“浸炭時の粒界近傍でのMnの酸化による脆弱化”はMn含有量が0.9%を超えてても実用上問題のないことが判明したが、0.9%を超えてMnを含有させると打抜き加工性と砥石研削性の劣化が顕著化する。従って、Mn含有量は0.3～0.9%と定めた。

【0021】d) P

Pは“浸炭・焼入時にオーステナイト粒界にセメントイトが析出することによる粒界の脆弱化”を著しく促進するので肌焼鋼においては極めて有害な不純物元素であ

り、従ってP量は極力低減することが好ましい。ただ、Pの低減には原料や精錬工程でのコスト増大を招くので、目標性能とコストとのバランスから許容値が設計される。本発明では、後述するBの効果を勘案して許容できる上限値を0.02%とした。

## 【0022】d) S

Sは、鋼の韌性劣化を招く一方で、機械加工性（被削性、打抜き性）を改善するという点では積極添加が望まれる成分でもある。そして、S含有量が0.001%未満であると機械加工性改善効果が顕著化せず、一方、0.15%を超えてSを含有させると鋼の韌性劣化が著しくなるので、本発明ではS含有量を0.001~0.15%と定めた。ただ、機械加工性をあまり要求されなくて済むような使われ方の場合にはS含有量は低めに抑えることが得策である。

## 【0023】e) Cr

Crは、鋼基地の焼入性確保や、浸炭層の炭素濃度を短時間で確保するために欠かせない成分であるが、そのためには0.5%以上の含有量が必要である。しかしながら、Crは同時に“浸炭・焼入時にオーステナイト粒界にセメンタイトが析出することによる粒界の脆弱化”を著しく促進するので、多くてもその含有量を0.9%以下に制限する必要がある。ただ、Cr含有量を0.9%以下に制限すると鋼の焼入性、とりわけC量の高い浸炭部分の焼入性が不十分となるので、本発明では粒界の脆弱化を招くことのないB, Mo, Niの添加でこれを補うこととした。このようなことからCr含有量は0.5~0.9%と定めたが、好ましくは0.5~0.65%に調整するのが良い。

## 【0024】f) Mo

Moは、鋼基地及び浸炭部の強度・韌性の向上、並びに浸炭層の炭素濃度を短時間で確保するために必須の成分である。特に、Moの焼入性向上効果は鋼基地のC量に殆ど影響を受けないため、高炭素になった浸炭部においても焼入性向上効果は安定して発揮される。なお、浸炭に伴う粒界の脆弱化を抑制すべくCr含有量を低減しBで焼入性の補充を図った鋼では、高炭素になつても焼入性が著しく低下するので、Moによる浸炭部の焼入性補償は非常に重要である。この場合、Mo含有量が0.15%未満では十分な焼入性補償ができないだけでなく、短時間の浸炭処理で浸入するCの量も低下する。そして、上記効果を付与する観点からはMo含有量が多い方が好ましいが、1%までの添加で十分な効果が得られるのでこれを越える添加は経済的でないと判断される。従って、Mo含有量は0.15~1%と定めた。

## 【0025】g) Al

Alは、鋼の脱酸及び結晶粒微細化に有効な成分であるが、その含有量が0.01%未満ではその効果が十分でなく、一方、0.1%を超えて含有させると韌性に有害な介在物が増加することから、Al含有量は0.01~0.1%と定めた。

## 【0026】h) B

Bは、“浸炭材を焼入する時に生成するオーステナイト粒界上の炭化物（Cr炭化物等）の析出”を抑え、これにより浸炭部の不完全焼入組織、粒界脆化を防止して浸炭・焼入材に十分な衝撃荷重強度、耐摩耗性、転動疲労特性等を確保するために欠かせない成分である。また、本発明では“浸炭・焼入時に粒界に炭化物が析出することにより粒界の脆弱化を著しく促進するというCrの弊害”を防止するためにCr含有量を制限しているが、Bは、このようにCr含有量を低減した結果起きる“鋼基地の焼入性低下”を補って鋼芯部の焼入性を確保する作用も分担する。しかし、B含有量が0.0005%未満であると上記作用による所望の効果が得られず、一方、0.009%を超えてBを含有させると逆にBによる粒界脆化が起きるようになるので、B含有量は0.0005~0.009%と定めた。なお、“浸炭・焼入時の粒界への炭化物析出”を抑えるためにBを添加した鋼であっても、鋼中のN含有量が通常の0.007%程度のものではBによる上記効果を十分に確保することはできない。

## 【0027】i) N

上述のように、鋼中のN量はBの作用を有効ならしめるために非常に重要である。即ち、鋼中のN量が0.006%未満の領域にまで低減された場合に初めてB添加による“浸炭材の焼入処理時に起きる粒界への炭化物析出を防止する効果”が顕著化し、十分な衝撃荷重強度が確保されるばかりか、転動疲労特性も著しく改善される。なお、鋼中のN含有量は少ないほど望ましいが、大気中の工業的生産においては現在の製鋼技術でN量を0.001%未満にすることは極めて困難である。

## 【0028】j) Ni

CVJ部品として更に苛酷な使用が予想される場合には、前記成分に加えてNiや次に説明するTi, Nb, V又はZrの1種又は2種以上を含有させるのが有効である。なお、Niは鋼基地の強度と韌性の向上に有効な成分であり、またMoと協働して浸炭部の強度・韌性の向上にも大いに寄与する。しかし、Ni含有量が0.3%未満では前記効果が不十分であり、一方、4.0%を超えて含有させてもその効果が飽和することから、Niを添加する場合にはその含有量を0.3~4.0%と定めた。

## 【0029】k) Ti, Nb, V及びZr

これらの元素には鋼の結晶粒を微細化して韌性を向上させる効果があるので、苛酷な使用が予想される場合に1種又は2種以上を含有させるのが好ましい。しかしながら、これら各成分の含有量がそれぞれ0.01%未満では上記効果が不十分であり、一方、各々0.3%を超えて含有させると逆に鋼の韌性や転動疲労特性の劣化を招くことから、Ti, Nb, V又はZrの含有量はそれぞれ0.01~0.3%と定めた。

## 【0030】(B) 部品断面の硬度分布

CVJ部品のうち浸炭焼入して製造されるものは主とし

てインナーレースとボールケージであるが、これらは、C V Jに衝撃的な回転力が負荷された際に浸炭されて多少脆くなっている表層部が欠けることが多い。このような欠損トラブルが起きるとC V Jは円滑に作動しなくなるので、浸炭層の欠損は是非とも避けねばならない事項である。本発明者等の研究の結果、本発明に係る化学組成の部品では浸炭焼入後の表面硬度がHv 800を超えると上述のような欠損トラブルが頻発するようになることが判明した。また、ボールケージに設ける窓枠の柱の部分は、表面硬度がHv 800を超えると衝撃引張強度が低下してC V J部品として必要な破壊強度を持つことができなくなることも分かった。一方、本発明に係る化学組成のC V J用浸炭焼入部品の表面硬度がHv 650未満であると転動疲労特性が劣化し、従来よりも高い面圧で使用される高強度C V J部品では転動疲労寿命が不足する。従って、C V J用浸炭焼入部品の表面硬度をHv 650~800と限定した。

【0031】また、浸炭焼入処理後の硬化深さが0.2mm未満の場合にも従来よりも高い面圧で使用される高強度C V J部品では転動疲労寿命が不足し、一方、この硬化深さが1.2mmを超えると本発明に係る化学組成のC V J用浸炭焼入部品では衝撃引張強度が低下してやはり高強度C V J部品として必要な衝撃破壊強度特性を持つことができなくなる。従って、浸炭焼入処理後の硬化深さは0.2~1.2mmと限定した。

【0032】そして、浸炭焼入部品の芯部硬度については、Hv 250~450の範囲を外れると、本発明に係る化学組成の場合、やはり近年の高強度C V Jに要求される衝撃破壊強度特性が安定して発揮されなくなる。

【0033】なお、C V J用浸炭焼入部品断面の硬度分布の調整は、化学組成の微調整や浸炭焼入焼戻条件の制御によって可能であることは言うまでもない。

#### 【0034】(C) 軸継手用浸炭焼入部品の製造条件

##### a) 浸炭温度

既に述べたように、C V J部品は非常に高い寸法精度を必要とするので浸炭焼入での変形歪の発生は可能な限り防止しなければならない。なお、C V J用浸炭焼入部品で発生する変形には浸炭処理の温度が非常に大きく影響しており、浸炭温度を低くすると熱処理歪が大幅に改善される。そして、本発明に係る化学組成の鋼の場合は、従来実施されていた“930°Cを超える領域”を下回る温度で浸炭を行っても短時間で深い硬化深さが得られ、所望特性を安定して確保することが可能である。しかしながら、浸炭温度が880°Cを下回ると、本発明に係る化学組成であっても所望浸炭深さを達成するのに長時間を要しコストの増大を招くばかりか、C V J部品として必要な浸炭硬化深さ0.2mm以上が実現しなくなるおそれもある。従って、浸炭温度は880~930°Cと定めた。

##### 【0035】b) 浸炭時間

従来のように4時間程度もの長時間の浸炭処理を実施すると、浸炭焼入時に析出生成するオーステナイト粒界上の炭化物の量が増加してC V J部品の破壊強度が低下する。この傾向は、特にボールケージ窓枠の場合に著しい。本発明に係る化学組成の鋼の場合には、3時間以下の浸炭処理であっても低温で所望の浸炭深さを達成することができ、C V J用浸炭焼入部品に望まれる特性の確保が可能である。しかも、低温で短時間の処理を実施することによって製造コストの低減もなされる。しかしながら、浸炭時間を1時間未満とすると、本発明に係る化学組成の鋼であってもC V J部品として必要な浸炭硬化深さ0.2mm以上が実現しなくなる。従って、浸炭時間は1~3時間と定めた。

##### 【0036】c) 焼入温度

浸炭に引き続いて急冷焼入を行う際の温度が870°Cを超えるとC V J部品で最も重要な寸法精度を劣化させる原因になる熱処理歪が増大するので、焼入までの保熱温度（焼入温度）の上限を870°Cと定めた。一方、この温度が800°C未満になると浸炭焼入するC V J部品の芯部でフェライトが発生し部品の強度が低下するので、焼入前の保熱温度（焼入温度）の下限値は800°Cとした。

【0037】上述のように、C V J部品においては寸法精度が極めて重要で、とりわけ浸炭熱処理時における変形歪の発生を極力抑制することが大きな技術課題であり、この課題を解決するために本発明では浸炭温度を880~930°Cとし、浸炭時間も1~3時間としている。しかしながら、このような浸炭処理条件でC V J部品を製造すると、変形歪の問題は解決できても浸炭層の硬化深さがC V Jの寿命維持のために必要な0.2~1.2mmの範囲に入らずに0.2mm未満になる懸念が強くなる。この事態を防止するには、浸炭時のカーボンボテンシャルを上げる方法があるが、この手立てを採用すると最表面の硬度がHv 800を超えてしまい、前述した欠損トラブルが頻発するようになる。

【0038】そこで、鋭意検討の結果、前述した浸炭処理条件の範囲で既に述べたような部品断面の硬度分布を実現することが高強度C V Jの製造にとって最良の手段であることを確認した訳である。このような高強度C V J部品のより安定した実現のためには、“浸炭時のカーボンボテンシャルの安定した厳密な管理”や“浸炭中の部品の浸炭炉内での均一な温度管理”等の浸炭技術の改善に負うところが大であるが、既述したように素材鋼の化学成分組成の改善も重要である。

【0039】続いて、本発明を実施例によって説明する。

##### 【実施例】

【実施例1】まず、真空溶製鍛込みによって表1及び表2に示す化学成分組成の150kg鋼塊を得た後、これに熱間鍛造と焼戻しの処理を施し、更に各鋼から機械加工

によって“平行部直径:8.0mmの平滑丸棒引張試験片”  
と図2に示す“切欠付き引張試験片試験片”を作成し  
た。

【0040】  
【表1】

部材種別	化 学 成 分 (重量%)										部品断面の硬度分布					浸炭焼入品の特性		
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	B	Al	N	その他の	表面硬度(HV)	硬化深さ(mm)	おもね硬度(HV)	平滑引張強度(kg/mm <sup>2</sup> )	切欠引張強度(kg/mm <sup>2</sup> )	伸び率方限(kg/mm <sup>2</sup> )	
比較例 1	0.18	0.31	0.55	0.016	0.019	0.66	0.46	0.021	0.0355	0.0018	—	—	9.03	24.8	98.0	103.6	292	
2	0.11	0.33	0.51	0.013	0.019	0.65	0.45	0.022	0.0358	0.0020	—	—	9.11	0.50	30.5	107.9	122.4	
本発明例 3	0.16	0.32	0.57	0.011	0.017	0.59	0.44	0.020	0.0354	0.0018	—	—	9.20	0.52	32.6	128.6	144.8	
4	0.21	0.34	0.55	0.015	0.018	0.62	0.45	0.022	0.0351	0.0019	—	—	9.01	0.51	33.4	130.4	145.1	
5	0.26	0.33	0.58	0.012	0.017	0.64	0.46	0.019	0.0357	0.0021	—	—	9.07	0.53	35.7	130.0	121.5	
比較例 6	0.16	0.18	0.50	0.011	0.015	0.61	0.44	0.018	0.0359	0.0021	—	—	9.10	0.47	28.6	99.6	98.3	
7	0.15	0.23	0.59	0.010	0.016	0.63	0.43	0.022	0.0354	0.0022	—	—	9.00	0.50	31.7	128.3	141.2	
本発明例 8	0.16	0.29	0.58	0.011	0.015	0.61	0.43	0.020	0.0357	0.0023	—	—	9.06	0.51	31.5	129.2	142.6	
9	0.16	0.37	0.55	0.013	0.016	0.65	0.44	0.021	0.0349	0.0020	—	—	9.09	0.50	31.1	123.7	141.5	
比較例 10	0.15	0.42	0.57	0.013	0.014	0.64	0.45	0.023	0.0347	0.0020	—	—	8.91	0.51	28.5	100.0	100.0	
11	0.16	0.32	0.25	0.012	0.020	0.60	0.46	0.019	0.0355	0.0018	—	—	9.02	0.48	27.3	99.8	117.3	
12	0.16	0.31	0.46	0.013	0.018	0.61	0.46	0.022	0.0357	0.0019	—	—	8.99	0.50	31.0	127.9	130.2	
本発明例 13	0.16	0.33	0.64	0.012	0.018	0.60	0.43	0.023	0.0351	0.0023	—	—	8.97	0.51	31.7	128.3	141.6	
14	0.15	0.30	0.35	0.011	0.017	0.61	0.45	0.020	0.0354	0.0021	—	—	9.04	0.50	32.6	128.0	139.2	
比較例 15	0.15	0.30	0.93	0.013	0.019	0.61	0.47	0.018	0.0353	0.0022	—	—	9.21	0.52	32.0	128.6	125.4	
16	0.17	0.32	0.53	0.009	0.014	0.59	0.46	0.018	0.0351	0.0020	—	—	9.00	0.51	32.2	129.3	140.3	
本発明例 17	0.16	0.33	0.51	0.018	0.011	0.63	0.45	0.022	0.0347	0.0018	—	—	8.99	0.50	32.0	128.5	131.5	
比較例 18	0.17	0.33	0.50	0.027	0.013	0.64	0.46	0.023	0.0344	0.0022	—	—	8.99	0.52	32.1	99.9	98.9	
本発明例 19	0.16	0.36	0.57	0.010	0.002	0.63	0.43	0.023	0.0349	0.0021	—	—	8.98	0.52	31.9	129.8	133.4	
20	0.16	0.37	0.55	0.011	0.029	0.62	0.45	0.024	0.0351	0.0018	—	—	9.02	0.50	31.7	129.3	132.4	
比較例 21	0.16	0.38	0.58	0.009	0.029	0.65	0.46	0.021	0.0360	0.0019	—	—	9.05	0.50	31.0	128.4	122.7	
本発明例 22	0.17	0.37	0.32	0.008	0.010	0.67	0.47	0.022	0.0348	0.0016	1.31	—	8.86	0.47	34.7	130.2	148.3	
23	0.15	0.33	0.53	0.010	0.012	0.67	0.47	0.019	0.0347	0.0014	3.77	—	8.95	0.46	36.0	133.6	154.9	
比較例 24	0.16	0.34	0.34	0.009	0.013	0.66	0.47	0.019	0.0344	0.0014	4.26	—	8.93	0.44	36.9	133.0	150.7	

(注) 施加成形は実質的にPeであり、\*印は本発明で規定する条件を外れていることを示す。

表1

【0041】

【表2】

表 2

部材種別	化 学 成 分 (重量%)										部品断面の通過分布				浸炭焼入品の特性			
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al	N	B	Ni	その他の	表面硬度 (HV)	芯部硬度 (HV)	平滑引張強度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	切欠引張強度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	転動疲労限 (kgf/mm <sup>2</sup> )	
比較例 25	0.15	0.33	0.56	0.38	0.012	0.41	0.44	0.020	0.0088	0.0026	—	—	91.4	0.52	29.1	120.7	118.5	297
本発明例 26	0.16	0.33	0.57	0.099	0.010	0.57	0.43	0.025	0.0050	0.0021	—	—	91.0	0.57	31.7	130.0	146.4	321
比較例 27	0.15	0.35	0.57	0.099	0.011	0.88	0.45	0.027	0.0054	0.0019	—	—	92.6	0.55	32.2	128.3	140.8	316
本発明例 28	0.16	0.34	0.57	0.099	0.010	0.97	0.44	0.021	0.0044	0.0023	—	—	91.5	0.56	30.0	117.1	99.3	299
比較例 29	0.17	0.38	0.51	0.011	0.014	0.69	*0.13	0.021	0.0055	0.0018	—	—	92.0	0.51	29.7	106.4	110.6	299
本発明例 30	0.17	0.34	0.55	0.011	0.012	0.64	0.22	0.018	0.0057	0.0026	—	—	91.8	0.53	31.9	128.5	131.7	313
本発明例 31	0.16	0.36	0.51	0.010	0.011	0.66	0.44	0.022	0.0051	0.0027	—	—	92.4	0.52	32.2	129.2	133.4	320
比較例 32	0.16	0.33	0.52	0.010	0.014	0.67	0.79	0.024	0.0048	0.0020	—	—	92.6	0.55	32.5	130.7	134.3	323
比較例 33	0.16	0.37	0.50	0.013	0.013	0.66	*1.06	0.026	0.0044	0.0023	—	—	90.0	0.56	32.2	129.0	131.3	320
本発明例 34	0.16	0.31	0.59	0.012	0.014	0.60	0.47	0.023	0.0043	0.0017	—	—	90.3	0.54	32.7	128.7	133.0	313
本発明例 35	0.16	0.35	0.52	0.011	0.012	0.61	0.48	0.027	0.0059	0.0017	—	—	90.7	0.52	32.6	128.0	132.4	313
比較例 36	0.17	0.33	0.54	0.011	0.013	0.59	0.46	0.021	0.0082	0.0016	—	—	91.5	0.42	28.8	106.5	111.3	299
比較例 37	0.17	0.36	0.59	0.010	0.010	0.64	0.46	0.019	0.0047	0.0003	—	—	91.6	0.52	28.3	97.6	98.7	287
本発明例 38	0.16	0.37	0.55	0.038	0.011	0.62	0.45	0.019	0.0044	0.0017	—	—	92.0	0.59	31.5	129.8	145.8	323
比較例 39	0.17	0.33	0.56	0.068	0.009	0.65	0.46	0.027	0.0048	0.0075	—	—	90.1	0.57	31.7	128.0	147.6	320
本発明例 40	0.18	0.36	0.57	0.069	0.009	0.65	0.48	0.023	0.0043	0.0034	—	—	89.9	0.50	31.5	98.3	98.5	299
比較例 41	0.16	0.33	0.55	0.019	0.012	0.62	0.47	0.030	0.0044	0.0021	—	Ti:0.03	91.2	0.54	31.3	127.0	144.2	311
本発明例 42	0.16	0.34	0.56	0.019	0.010	0.60	0.46	0.031	0.0051	0.0022	—	Nb:0.03	89.6	0.56	31.5	128.8	143.6	318
本発明例 43	0.15	0.33	0.56	0.069	0.011	0.64	0.47	0.029	0.0050	0.0019	—	V:0.08	90.0	0.56	31.0	120.6	133.5	315
本発明例 44	0.16	0.35	0.57	0.069	0.010	0.66	0.47	0.033	0.0047	0.0022	—	Cr:0.10	89.9	0.51	31.1	127.7	142.9	315
本発明例 45	0.15	0.34	0.57	0.069	0.012	0.61	0.47	0.031	0.0042	0.0020	—	Ti:0.02 Nb:0.03	90.7	0.53	31.4	128.3	142.7	311
本発明例 46	0.16	0.34	0.54	0.010	0.013	0.62	0.48	0.032	0.0040	0.0023	1.80	Ti:0.02 Nb:0.03	92.2	0.59	35.6	128.0	147.9	315
本発明例 47	0.14	0.25	0.72	0.021	0.014	*1.05	*—	0.035	*0.040	*—	—	—	92.6	0.37	26.5	119.1	86.9	287
従来例 48	0.15	0.09	0.28	0.009	0.010	0.40	0.31	0.031	0.0047	0.0016	—	Ti:0.031	88.3	0.41	26.9	98.2	91.2	256

(注) 残部成分は実質的にであり、\*印は本発明で規定する条件を外れていることを示す。

【0042】次に、上記各試験片を図3に示す条件で低温短時間浸炭・焼入焼戻し処理したものについて引張試験を行い、平滑引張強度と切欠引張強度を測定して浸炭焼入後の延靱性を評価した。また、同じ浸炭処理を施した引張試験片について、その平行部の断面における硬度分布を測定し、表面硬度、硬化深さ及び芯部硬度を求めた。なお、「硬化深さ」は“表面硬化層の硬度がHv513となる位置”の表面からの距離とした。これらの結果を表1及び表2に併せて示す。

【0043】上記表1及び表2に示される結果からも、

本発明で規定する条件を満たす低温短時間浸炭・焼入焼戻し処理後の鋼材はどれも120kgf/mm<sup>2</sup>以上の平滑引張強度を示し、かつ切欠引張強度も130kgf/mm<sup>2</sup>以上であるなど、優れた破壊強度を有していることが分かる。

【0044】また、これらとは別に、前記低温短時間浸炭・焼入焼戻し処理後の各鋼材について、平均表面粗さ(Ra)が0.05μmの鏡面研磨仕上げ加工したものにつき、#60スピンドル油潤滑で室温でのスラスト式転動疲労試験を実施した。この際、転動疲労特性の評価は、面圧を変えて試験を行い剥離寿命までの応力負荷繰り返

し数を求め、S-N線図から転動疲労限の面圧を求めて比較する方法を探った。前記表1及び表2にこれらの結果もまとめて併記した。これらの結果からも、本発明で規定する条件を満たす低温短時間浸炭・焼入焼戻処理後の鋼材は何れも優れた転動疲労特性を示すことを確認できる。

【0045】〔実施例2〕真空溶製鉄込みによって表3に示す各化学成分組成の150kg鋼塊を得た後、これらに熱間鍛造と焼準しの処理を施し、更に機械加工によって“重要なC V J部品の1つであるボールケージの窓枠の柱”的部分をシュミレートした図4に示す如き“6.0mm×5.0mm平行部断面を持つ四角柱引張試験片”を作成

した。

【0046】次に、これら試験片に図5及び表4、表5で示す各種条件の浸炭焼入焼戻処理を施し、その平行部の断面における硬度分布を測定し、表面硬度、硬化深さ及び芯部硬度を求めた。なお、「硬化深さ」は実施例1の場合と同様に“表面硬化層の硬度がHv513となる位置”の表面からの距離とした。また、同じ浸炭焼入焼戻処理を施した引張試験片について引張試験を行い、破壊荷重も測定した。

【0047】

【表4】

表 4

試験番号	浸炭焼入条件			試験片断面の硬度分布				熱処理歪(mm)						
	適用範囲	浸炭温度(°C)	浸炭時間(h)	焼入温度(°C)	表面硬度(Hv)	硬化深さ(mm)	芯部硬度(Hv)	四角柱状引張強度(Qgf/mm <sup>2</sup> )	Max	Min	差	長辺	短辺	
本発明例	(1)	*935	2	870	*821	0.49	334	104.9	7.468	7.446	0.022	5.048	5.011	
	(2)	920	2	870	799	0.45	337	124.3	7.426	7.408	0.018	5.045	5.020	
	(3)	880	2	870	792	0.40	335	122.1	7.427	7.411	0.016	5.043	5.020	
	(4)	ア	920	1	870	799	0.32	338	123.3	7.426	7.409	0.017	5.045	5.026
	(5)	920	2	870	789	0.45	336	124.3	7.426	7.408	0.018	5.048	5.025	
	(6)	920	3	870	792	0.44	337	124.0	7.426	7.409	0.017	5.043	5.024	
	(7)	920	*4	870	796	0.55	335	103.8	7.427	7.409	0.018	5.049	5.014	
	(8)	*935	2	870	*816	0.49	354	102.1	7.459	7.438	0.021	5.042	5.002	
比較例	(9)	920	2	870	793	0.47	346	131.4	7.458	7.441	0.017	5.038	5.006	
	(10)	880	2	870	791	0.42	350	127.6	7.456	7.440	0.016	5.032	5.002	
	(11)	イ	920	1	870	791	0.36	349	130.5	7.457	7.440	0.017	5.035	5.001
	(12)	920	2	870	793	0.47	346	131.4	7.458	7.441	0.017	5.038	5.006	
	(13)	920	3	870	796	0.48	351	132.0	7.454	7.438	0.016	5.036	5.002	
	(14)	920	*4	870	799	0.57	352	101.2	7.453	7.435	0.018	5.045	5.000	

(注) \*印は、本発明で規定する条件から外れていることを示す。

表 5

試験番号	浸炭焼入条件			試験片断面の硬度分布					熱処理歪(μm)					
	適用鋼種	浸炭温度(°C)	浸炭時間(h)	焼入温度(°C)	表面硬度(Hv)	硬化深さ(mm)	芯部硬度(Hv)	四角柱状引張強度(kgf/mm²)	長辺			短辺		
									Max	Min	差	Max	Min	差
(15)	比較例	*935	2	870	*827	0.47	337	105.9	7.459	7.437	0.022	5.055	5.023	0.032
(16)	本発明例	920	2	870	797	0.45	336	125.4	7.468	7.450	0.018	5.044	5.022	0.022
(17)		880	2	870	799	0.42	337	104.2	7.462	7.445	0.017	5.033	5.019	0.023
(18)		920	1	870	799	0.34	340	125.3	7.469	7.453	0.016	5.042	5.017	0.025
(19)		920	2	870	797	0.45	336	125.4	7.468	7.451	0.017	5.044	5.022	0.022
(20)		920	3	870	792	0.46	335	125.0	7.500	7.483	0.017	5.041	5.018	0.023
(21)		920	*4	870	796	0.57	337	105.0	7.471	7.454	0.017	5.054	5.019	0.035
(22)		*935	2	870	*814	0.52	358	102.3	7.518	7.496	0.022	5.046	5.013	0.033
(23)		920	2	870	792	0.49	355	131.2	7.508	7.491	0.017	5.039	5.017	0.022
(24)		880	2	870	799	0.46	357	100.7	7.492	7.476	0.016	5.030	5.009	0.021
(25)		920	1	870	*800	0.48	360	131.3	7.505	7.487	0.018	5.037	5.012	0.025
(26)	本発明例	920	2	870	*800	0.49	359	131.2	7.508	7.491	0.017	5.039	5.012	0.027
(27)		920	3	870	*800	0.49	359	131.2	7.505	7.489	0.016	5.035	5.006	0.029
(28)		920	*4	870	*896	0.60	360	101.4	7.510	7.492	0.018	5.046	5.011	0.035
(29)		*920	2	870	*926	0.44	272	117.2	7.525	7.500	0.025	5.030	4.983	0.047
(30)	比較例	*920	2	870	*914	0.39	284	99.0	7.497	7.476	0.021	5.037	4.998	0.039

(注) \*印は、本発明で規定する条件から外れていることを示す。

【0049】更に、浸炭焼入処理によってボールケージの柱の部分に生じる歪を図6に示す形状・寸法の試験片でシミュレートした。この試験では、高精度ダイアルゲージを用い、図7で示したように柱の各辺の5位置での厚さを浸炭焼入の前と後とで測定し、その差を求めて変形量とした。また、5位置での各変形量の最大値から最小値を引いた差を最大変形量として算出し、評価に用いた。これらの結果を表4及び表5に併せて示す。

【0050】表4及び表5に示される結果からは、まず本発明で規定する条件を満たす浸炭焼入処理部材は優れた破壊強度を示すことが確認される。また、熱処理歪に

ついても、本発明で規定する条件を満たす浸炭焼入処理部材は全体に歪量が小さくなっていることも分かる。更に、表4及び表5での浸炭条件の影響を見ると、低温短時間の浸炭処理でも浸炭焼入処理部材断面の硬化分布には殆ど差がなく、本発明の条件を採用することによって浸炭コストの低減を達成できることも明らかである。

【0051】〔実施例5〕真空溶製鍛込みによって表6に示す各化学成分組成の1トン鋼塊を得た後、これらを丸鋼片に熱間鍛造し、更にマンドレルミル製管法で熱間製管した後、「冷間抽伸→応力除去焼純」を施してシームレス钢管を得た。また、一部の鋼片は熱間鍛造で30

mmΦの鋼棒に鍛伸した。

【0052】

表 6

鋼種		化 学 成 分 (重量%)										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al	N	B	Ni
丸頭 鋼	キ	0.15	0.33	0.57	0.010	0.010	0.59	0.45	0.021	0.0048	0.0019	—
	ク	0.15	0.34	0.56	0.009	0.009	0.63	0.46	0.027	0.0052	0.0021	— Ti:0.03, Nb:0.03
鍛 鋼	ケ	0.15	0.26	0.70	0.011	0.011	*1.01	*—	0.025	*0.0133	*—	—

(注) 残部成分は実質的にFeであり、\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

【0053】次いで、この鋼管と鋼棒を用いて2種類のサイズのCVJ部品を試作した。なお、前記シームレス鋼管からはボールケージを、前記鋼棒からはインナーレースをそれぞれ実際の量産機械で試作した。そして、これらボールケージとインナーレースを表7に記載した浸

炭焼入条件で熱処理した後、他の部品と共にCVJに組み立てた。

【0054】

【表7】

試験番号	CVJ サイズ サイン	適用 鋼種	浸炭焼入条件			試験片断面の硬度分布			準静捻り強度 (kN·m)		
			浸炭温度 (°C)	浸炭時間 (h)	焼入温度 (°C)	表面硬度 (Hv)	硬化深さ (mm)	芯部硬度 (Hv)	Max	Min	平均
比較例 (31)	#95	*ケ	*935	*4.0	870	*820	0.55	277	—	—	2.25
本発明例 (32)		ク	920	3.0	870	695	0.50	311	2.55	2.52	2.54
比較例 (33)	#87	*ケ	*935	*4.0	870	*810	0.55	281	—	—	1.80
本発明例 (34)		#	920	3.0	870	700	0.50	316	2.07	2.03	2.05

(注) \*印は、本発明で規定する条件から外れていることを示す。

表 7

【0055】このようにして試作したCVJは、捻り試験機でゆっくりと回転力を負荷し、準静的捻り破壊強度を求めた。これらの結果と、別に調査した各ボールケージ及びインナーレース断面の硬度分布をまとめて表7に併記した。

【0056】表7に示される結果からも、どちらのサイズのCVJも本発明で規定する条件に従って製造された本発明部品を組み込んだものの方が、比較品（従来条件を適用したもの）のそれよりも13～14%も高い準静的捻り破壊強度を有していることが分かる。

#### 【0057】

【効果の総括】以上に説明した如く、この発明によれ

ば、高い破壊強度、耐摩耗性及び転動疲労性を有すると共に、熱処理変形の少ない高強度、高韌性、高寸法精度のCVJ浸炭焼入部品を従来よりも短時間の浸炭焼入処理により低コストで提供することができ、これら部品の適用によってCVJの性能（捻り破壊強度等）を顕著に向上することが可能となるなど、産業上有用な効果がもたらされる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】ボールケージとインナーレースを有するバーフィールド型継手例の説明図である。

【図2】切欠付き引張試験片の説明図である。

【図3】実施例で採用した浸炭・焼入・焼戻処理の条件

を示したグラフである。

【図4】実施例で作成した四角柱引張試験片の説明図である。

【図5】別の実施例で採用した浸炭・焼入・焼戻し処理条件を示したグラフである。

【図6】実施例で作成した熱処理変形歪測定試験片の説明図である。

【図7】熱処理変形歪測定試験片の測定方法についての説明図である。

#### 【符号の説明】

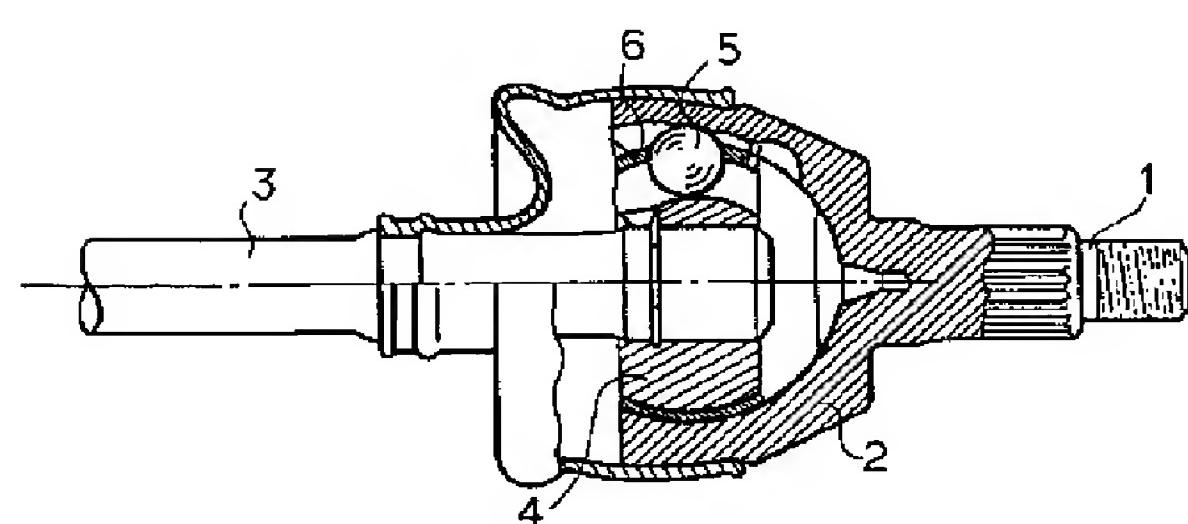
- 1 駆動軸
- 2 被駆動軸
- 3 アウターレース
- 4 インナーレース
- 5 ボール
- 6 ボールケージ

#### 【表3】

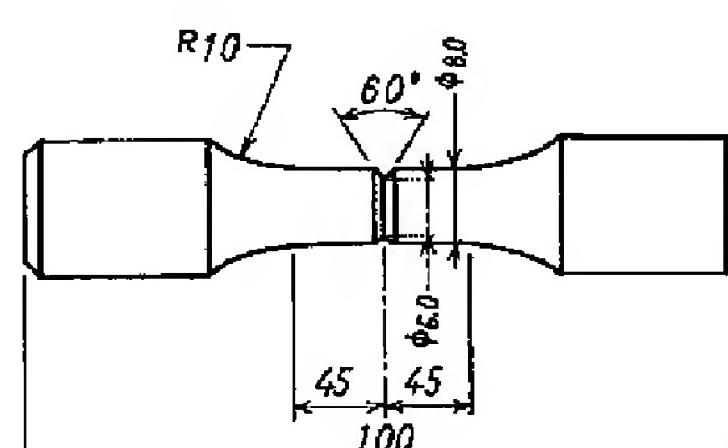
鋼種	化 学 成 分 (重量%)											
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al	N	B	Ni	その他の
本発明対象鋼	ア 0.15	0.33	0.57	0.010	0.010	0.59	0.45	0.021	0.0048	0.0019	—	—
	イ 0.16	0.35	0.53	0.009	0.011	0.60	0.47	0.020	0.0053	0.0018	1.36	—
	ウ 0.16	0.34	0.55	0.009	0.009	0.61	0.46	0.024	0.0044	0.0020	—	Ti:0.03
	エ 0.16	0.33	0.56	0.010	0.011	0.61	0.47	0.022	0.0042	0.0022	1.87	Ti:0.02, Nb:0.03
従来鋼	オ 0.15	0.26	0.70	0.011	0.011	*1.01	*—	0.025	*0.0133	*—	—	—
力	カ 0.16	*0.09	*0.26	0.009	0.011	*0.43	0.32	0.023	0.0049	0.0018	—	Ti:0.03

(注) 残部成分は実質的にFeであり、\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

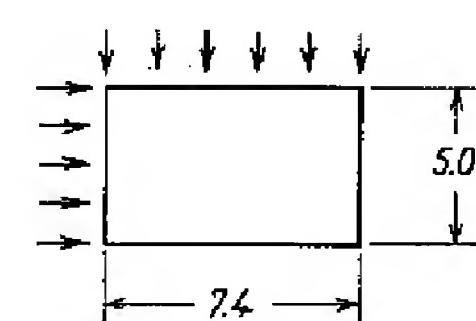
【図1】



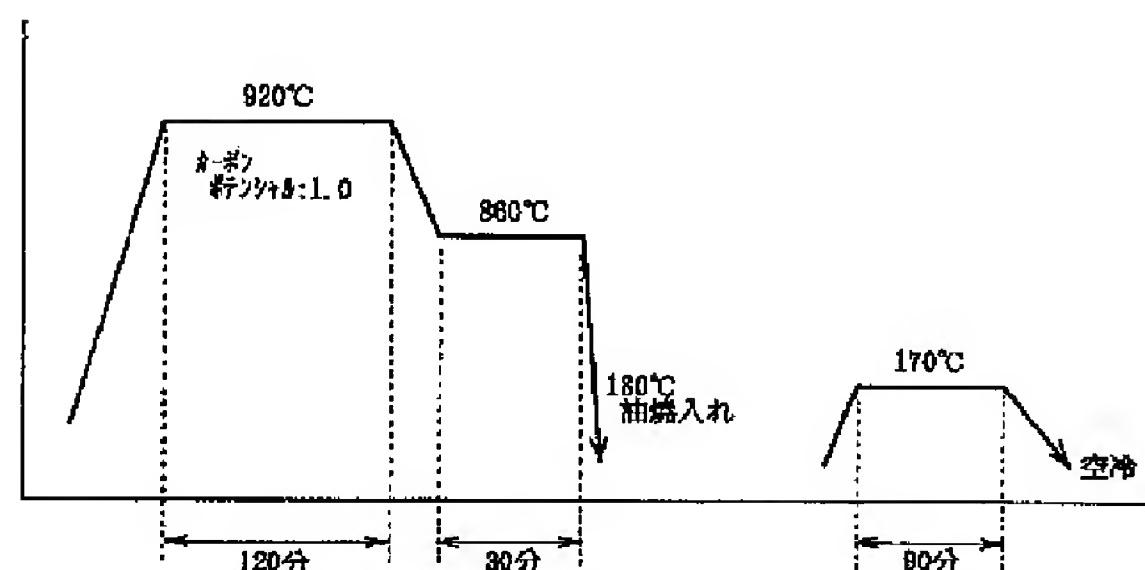
【図2】



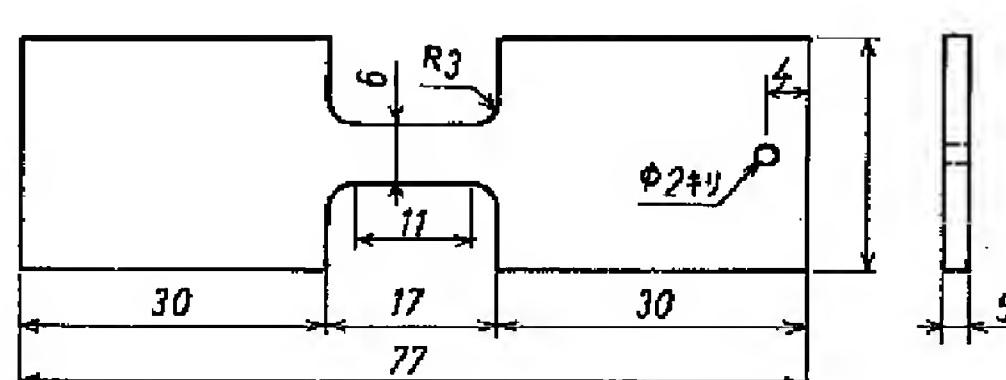
【図7】



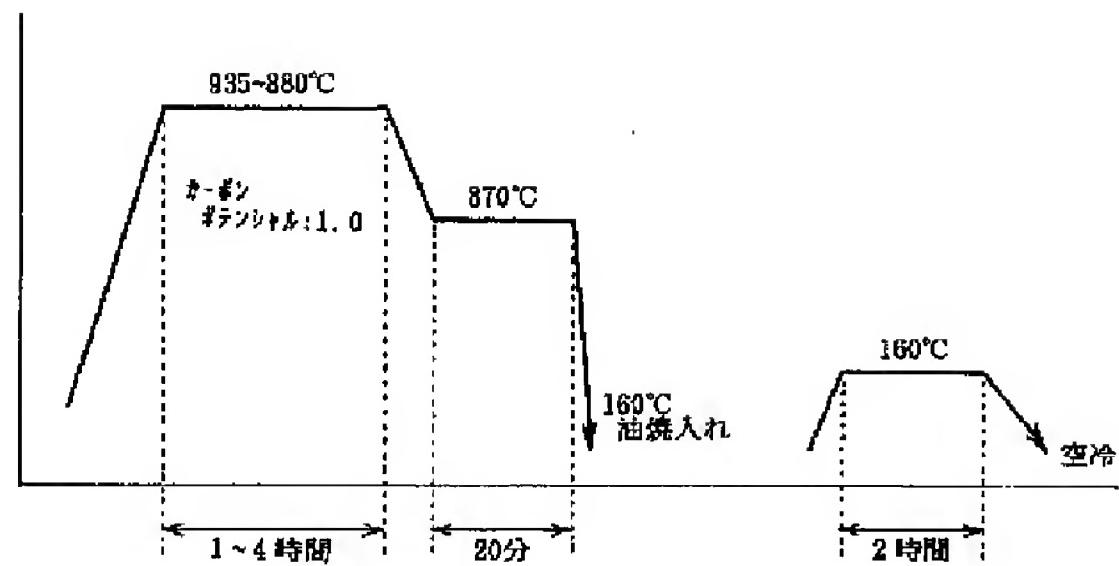
【図3】



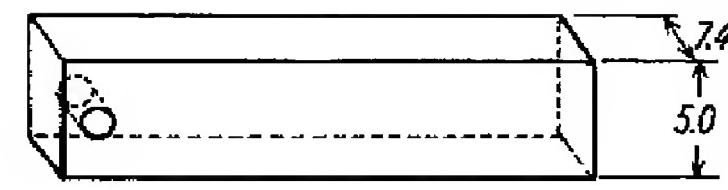
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 和彦  
静岡県袋井市広岡1905-37

(72)発明者 後藤 竜宏  
静岡県磐田市千手堂1031番地  
(72)発明者 脇田 明  
静岡県磐田市上岡田1039-1